

## DER PHYSIK UND CHEMIE.

BAND XXXII

---

XI. *Ueber das Amylum;*  
*von Julius Fritzsche in St. Petersburg.*

---

Bei den Chemikern sowohl als auch bei den Botanikern hat die Ansicht vielen Eingang gefunden, welche Raspail vor mehreren Jahren über die Natur des Stärkmehls aufstellte. Nach ihm besteht jedes Stärkmehlkorn aus zwei Substanzen: aus einer in Wasser unlöslichen Hülle, und aus einer von dieser eingeschlossenen in Wasser löslichen Masse; eine Ansicht, zu der er durch die mikroskopische Untersuchung des Stärkmehls und durch mikroskopische Experimente mit demselben gelangt ist. Seine Abhandlung ist mit Zeichnungen begleitet, durch welche Amylumkörner aus verschiedenen Pflanzen sowohl als auch in verschiedenen Zuständen dargestellt sind. Obgleich aus diesen höchst unvollkommenen Zeichnungen für die aufgestellte Theorie fast gar nichts hervorgeht, so hat sie doch Niemand einer genauen und strengen Prüfung unterworfen; nur hier und da sind einzelne Beweise dafür und dagegen angeführt, namentlich in der neuesten Zeit aber hat man aus einigen chemischen Versuchen von Neuem indirect auf ihre Richtigkeit geschlossen. Im Laufe meiner mikroskopischen Untersuchungen wurde ich auch auf die Untersuchung des Amylums geführt, und da gleich meine ersten Erfahrungen gar nicht mit denen von Raspail übereinstimmten, so verfolgte ich diesen Gegenstand weiter, und gelangte zu den Resultaten, die ich hier beschreiben will.

Die Beobachtungen sind mit einem Mikroskope von Pistor und Schiek in Berlin angestellt, dessen Klarheit und Deutlichkeit, nach dem Urtheile vieler Kenner, selbst die damit verglichenen vortrefflichen Instrumente

von Amici, Chevalier und Ploefsl übertrifft. Ich habe mich dabei einer Linearvergrößerung von 240 Malen bedient, und nur selten die stärkeren bis zu 730 Malen gehenden Vergrößerungen meines Instrumentes benutzt, weil sie mir in der Regel keine anderen Resultate gaben.

Bei weitem die meisten Aufschlüsse über die Natur des Stärkmehls erhielt ich von dem Stärkmehl der Kartoffel. Es besteht aus Körnern von der mannigfachsten Form und Größe (von  $\frac{1}{600}$  bis  $\frac{1}{30}$  Linie Durchmesser), deren Normalform jedoch die eines von der Seite ein wenig zusammengedrückten Eies zu seyn scheint. Fig. 1 Taf. I stellt ein solches Korn dar, deren sich aber nur wenige finden; die Mehrzahl ist unregelmäßiger, entweder wie Fig. 2 oder seltener mit allerhand drusigen Auftreibungen. Ein allgemeiner und wichtiger Charakter dieses Stärkmehls sind concentrische Ringe, welche in größerer oder geringerer Deutlichkeit, Regelmäßigkeit und Anzahl bei allen Körnern sichtbar sind. Sie gehen von einem sphärischen Punkte aus, den ich seines eigenthümlichen chemischen Verhaltens wegen den Kern des Kornes nennen will; er befindet sich nicht im Centro, sondern jederzeit außerhalb desselben, und zwar gewöhnlich an irgend einer Stelle der Längsaxe des Kornes. Die Durchsichtigkeit dieses Kernes sticht, besonders beim Lampenlicht, bedeutend gegen die des übrigen Kornes ab, so daß man verleitet wird zu glauben, er sey ein durch das Korn gehendes Loch, wozu noch der Umstand beiträgt, daß, wenn man den Focus des Mikroskops genau auf die Oberfläche des Kornes richtet, man eine durch einen Schatten sichtbare Vertiefung an der Stelle des Kernes zu bemerken glaubt. Aus diesen Anschauungen könnte man leicht schliessen, es sey ein trichterförmiges Loch an jener Stelle im Korne vorhanden; wenn man aber die Körner zwischen zwei Glasplatten vorsichtig unter dem Mikroskope rollt, so bleibt der Kern stets

in der Mitte, behält in allen Lagen seine Form und niemals sieht man einen Kanal von ihm nach der Peripherie ausgehen, wodurch genugsam bewiesen wird, daß er einen sphärischen Raum im Innern des Kornes einnimmt. Um diesen sphärischen Kern herum liegen nun die concentrischen Ringe, und zwar so, daß die ersten derselben ihn gewöhnlich gleichförmig nach allen Seiten umgeben, die darauf folgenden aber in der einen Richtung sich mehr ausdehnen, wodurch die Eiform des Kornes entsteht. Durch das Rollen der Körner überzeugt man sich leicht und vollkommen, daß die Ringe in der Substanz des Kornes liegen; denn nach welcher Richtung man die Körner drehen mag, stets bleiben die Ringe geschlossen. Raspail erwähnt dieser Ringe zwar auch, nennt sie aber *rides concentriques*, und behauptet sowohl, sie befänden sich nur auf der Oberfläche des Kornes, als auch, daß sie nach dem Trocknen der Körner verschwänden, und nur zu sehen wären, wenn man die Körner aus den Organen der Pflanze nähme. Die erste Behauptung widerlegt sich dadurch, daß die Ringe beim Umdrehen der Körner niemals Bogen bilden, deren Enden die Peripherie der Körner berühren, was unstreitig geschehen müßte, wenn die Ringe nur auf der Oberfläche befindlich wären; und die zweite Behauptung ist eben so falsch, denn an vollkommen getrockneten und lange aufbewahrten Körnern sieht man die Ringe augenblicklich wieder, sobald man die Körner im Wasser liegend beobachtet.

Die Structur der Amylumkörner ist also keinesweges so einfach, wie Raspail sie angegeben hat; denn aus den oben angegebenen Umständen folgt schon, daß jedes Korn aus so viel concentrischen Lagen besteht, als man Ringe an ihm beobachtet. Es fragt sich nun, wie diese Lagen gebildet worden sind, ob zuerst die äußerste als Haut vorhanden war, und durch Infiltration die übrigen sich gebildet haben, oder ob zuerst der Kern entstand und nun auf diesen die Lagen sich abgesetzt

haben. Diese Frage läßt sich entscheiden, ohne daß man nöthig hat, den Act der Bildung der Körner selbst zu beobachten; es finden sich nämlich unter vielen einfachen Körnern einzelne zusammengesetztere, welche man als Abweichungen von der Regel oder als Monstrositäten betrachten muß, und diese beweisen auf das Bestimmteste, daß alle Körner durch allmälige Ablagerung der äußeren Schichten über die inneren entstanden sind. Alle Monstrositäten, welche ich beobachtete, stimmen darin überein, daß entweder mehrere Körner von gleicher Größe bis auf einen gewissen Punkt jedes von besonderen Schichten gebildet, nachher aber zu zweien oder mehreren von gemeinschaftlichen Lagen umgeben worden sind, oder daß, indem sich auf ein schon ziemlich ausgebildetes Korn eine neue Schicht ablagerte, ein kleines Korn von dieser mit eingeschlossen wurde. Bei Fig. 3 Taf. I sind zwei ziemlich gleiche Körner nur durch eine oder wenige gemeinschaftliche Lagen verbunden, und Fig. 4 zeigt ein aus drei Körnern auf gleiche Weise entstandenes Korn; Fig. 5 dagegen zeigt zwei sehr kleine Körner von vielen gemeinschaftlichen Lagen umgeben, und bei Fig. 6 ist ein kleines Korn von einer auf ein größeres sich absetzenden Lage mit eingeschlossen worden. Fig. 7, 10 und 11 geben Beispiele von drei zusammengewachsenen Körnern, und Fig. 8 und 12 von vier zusammengewachsenen Körnern, über welche sich noch mehrere oder weniger gemeinschaftliche Lagen abgesetzt haben; bei Fig. 9 ist ein kleines Korn an ein größeres gleichsam angewachsen. Fig. 3 und 5 kommen ziemlich häufig vor, Fig. 11 schon weniger häufig, und die übrigen Monstrositäten finden sich nur selten. Bemerkenswerth ist noch bei diesen Verwachsungen, daß immer zwischen zwei zusammengewachsenen Körnern ein kleiner deutlicher Raum sich befindet, wie es bei Fig. 3, 6, 7, 8 und 12 zu sehen ist; er ist unsichtbar wenn man die beiden Körner neben einander sieht, nicht aber, wenn

man z. B. das Korn Fig. 6 in eine solche Lage bringt, daß ein Korn das andere verdeckt. Die dunkle Schattirung dieses Raumes zeigt an, daß hier ein Körper von ganz anderem Lichtbrechungsvermögen als das Amylum seyn müsse, und es ist möglich, daß er eine kleine, flache Luftschicht sey; wenigstens haben die Luftblasen, welche man so häufig bei mikroskopischen Beobachtungen in Wasser liegend sieht, ein ganz ähnliches Ansehen. Bei noch kleineren Körnern, als die in Fig. 5 befindlichen, erscheint dieser Raum nur als ein schwarzer Strich, und zuweilen geschah es, daß ich erst durch diesen Strich darauf aufmerksam wurde, daß das Korn ein zusammengesetztes sey, weil die concentrischen Ringe oft nicht leicht zu sehen sind. Selten nur fand ich, daß in einem zusammengesetzten Korne eins der Körner wieder zusammengesetzt war, wie z. B. das eine Korn in Fig. 11 noch zwei Kerne zeigt, welche in diesem Falle nicht durch einen Strich getrennt waren; von der letzteren Ausnahme beobachtete ich nur ein Beispiel, wo in einem sonst einfachen Korne drei Kerne dicht neben einander ohne jene trennenden Striche befindlich waren.

Nachdem man aus diesen Monstrositäten die Bildung des Amylums verfolgt hat, erhellt ganz von selbst, daß die Ansicht von Raspail, es bestehe aus einer Hülle und einer von dieser umschlossenen gummiartigen, in Wasser löslichen Masse, unrichtig ist; entweder es muß jeder einzelne Ring eine Hülle seyn, und nur zwischen ihnen die gummiartige Masse sich befinden, oder es ist gar keine solche gummiartige Masse vorhanden. Aus meinen Versuchen und Beobachtungen folgt das letztere; um es zu beweisen will ich einige der hauptsächlichsten Punkte, worauf Raspail seine Annahme stützt, zu widerlegen suchen, und neue Beweise für meine Behauptung anführen.

Raspail sagt, daß, wenn man ein Amylumkorn unter dem Mikroskope mit der Spitze einer Nadel verletze, es seinen Inhalt ausleere, und daß bald nichts als ein

zerrissener Sack zurückbleibe. Ich habe diesen Versuch auf eine andere Weise angestellt, indem ich Stärkmehl von Kartoffeln mit Wasser zwischen zwei Glasplatten brachte und gelinde zwischen ihnen presste; auf diese Weise zerdrückte ich viele Körner, und an diesen sah ich mit vieler Deutlichkeit, dass sie in ihrem Inneren aus einer homogenen, in Wasser keineswegs löslichen Masse bestehen; sie waren in zwei oder mehrere Stücke zersprungen, und jedes dieser Stücke zeigte ziemlich ebene Bruchflächen, welche sich im Wasser nicht veränderten. Der Versuch gelingt zwar besonders gut mit getrocknetem Amylum, aber auch mit frisch aus der Kartoffel genommenen Körnern kann man sich von seiner Richtigkeit überzeugen. Wenn die Angabe von Raspail richtig wäre, so hätte auch unter diesen Umständen die innere Masse sich auflösen und die leere Hülle zurückbleiben müssen; sie beruht aber, wie ich glaube, auf einer Täuschung, denn wenn man die Amylonkörner stärker presst, so werden sie ganz breit und bekommen allerdings einige Aehnlichkeit mit ausgeleerten gefalteten Säcken. Es wird aber dann nur die ganze Masse des Kornes breitgedrückt, ohne dass man etwas daraus hervorkommen sieht. Man kann sich eine ungefähre Vorstellung von der Möglichkeit dieses Verhaltens machen, wenn man das Experiment im Großen mit einem Apfel anstellt; diesen kann man beliebig in mehrere feste Stücke zerbrechen, wenn man aber zwischen zwei Brettern ihn vorsichtig zerquetscht, bekommt man eine breitgedrückte, weiche, aber dennoch zusammenhängende Masse; ein Verhalten, das dem der Amylumkörner sehr ähnlich ist, wie unrichtig auch der Vergleich in anderer Hinsicht seyn mag.

Als eine zweite Stütze seiner Ansicht führt Raspail folgenden Versuch an: »Man mache Amylum mit Gummischleim zu einem Teige, forme daraus ein Stängelchen, welches man trocknen lässt, und schabe von die-

sem mit einem scharfen Messer sehr feine Späne ab, die man in Wasser wirft. Wenn man diese Späne dann mit dem Mikroskope untersucht, wird man fast nur zerrissene und gefaltete Blasen finden, während man durch bloßes Auflösen des Stängelchens in Wasser das Amylum unverändert wieder darstellen kann.“ Von der Richtigkeit dieses Versuches habe ich mich in sofern überzeugt, als er sich mit dem vorigen Versuche in Uebereinstimmung bringen läßt; bei genauer Untersuchung der Späne aber findet man leicht, daß der Schluss, den Raspail daraus zieht, ganz unrichtig ist, und daß die sogenannten zerrissenen Blasen nichts anderes als gewaltsam zermalmte Amylunkörner sind; Arabisches Gummi wird nie ganz spröde, und man muß von jenem Stängelchen mehr abschaben als abschneiden, wenn man nun die Schneide unserer schärfsten Messer so stark vergrößert betrachtet als das Amylum, so wird man sich leicht überzeugen, daß die eben angegebene Operation eine sehr gewaltsame ist, und daß ein gänzliches Zermalmen einzelner Körner unvermeidlich ist. Es finden sich aber unter jenen Spänen auch eine Menge kleiner Stücke, welche Abschnitte von kugelförmigen Häuten zu seyn scheinen, und zuweilen beobachtete ich sogar einen geschlossenen Ring von bandförmiger Haut, woraus man auf eine das Amylunkorn umgebende Haut schließen könnte. Allein ich fand mehrmals auch Stücke, welche ganz deutlich zeigten, daß sie aus zwei übereinanderliegenden und noch zusammenhängenden, nur an den Seiten getrennten Schichten bestanden, und es ist daher mehr als wahrscheinlich, daß bei einem so gewaltsamen Verfahren, wenn die Körner wirklich zerschnitten und nicht bloß zermalmt werden, fast immer alle Schichten auseinandergerissen werden, und nun als zerschnittene Häute sich darstellen. Alle jene Stücken verhalten sich gegen Jod gleich, und in der Flüssigkeit, in welcher sie schwimmen, konnte ich

nur eine geringe Menge aufgelösten Amylums nachweisen, während sie sehr bedeutend seyn müßte, wenn die ganze innere Masse sich aufgelöst hätte.

Ich halte für überflüssig noch andere Behauptungen, welche Raspail für seine Meinung aufstellt, zu beleuchten und zu widerlegen, da ich aus dem Verhalten des Amylums in der Kartoffel beim Auswachsen einer neuen Pflanze aus derselben einen Hauptbeweis für die Richtigkeit der ausgesprochenen Ansicht darthun kann. Wenn man nämlich im Juni oder Juli eine an einer Kartoffelpflanze noch hängende alte Kartoffel untersucht, so findet man, daß in der Mitte derselben der größte Theil des Amylums verschwunden ist, und daß die noch übrigen Körner viel kleiner sind, und ganz andere Formen haben, als in der reifen Kartoffel. Die meisten Körner sind kegelförmig und laufen in eine mehr oder weniger feine Spitze aus, wie z. B. Fig. 14 Taf. I; andere sind keulenförmig, wie Fig. 15, 17 und 18, oder laufen an beiden Enden spitz zu, wie Fig. 16; alle aber stimmen darin überein, daß die Schichten, welche man an ihnen noch sehr deutlich erkennen kann, nicht mehr geschlossen sind, sondern daß alle Körner gleichsam nur aus tellerförmigen, übereinander gethürmten Stücken bestehen. Als höchst seltene Ausnahmen beobachtete ich zuweilen auch in der reifen Kartoffel ähnlich gebildete Körner; Fig. 13 stellt ein solches dar, das sich aber von dem eben beschriebenen durch das Vorhandenseyn des Kernes wesentlich unterscheidet. Wenn man nun so ein Korn, wie z. B. Fig. 16, mit einem vollkommenen Korne, z. B. Fig. 9 vergleicht, so ergibt sich, daß das erstere dadurch entstanden ist, daß sich das letztere während des Wachstums der Pflanze allmählig von seiner Oberfläche aus mehr oder weniger ungleichmäßig aufgelöst hat. Und da nun die so übriggebliebenen Körner sich weder in der Flüssigkeit der Zellen aufgelöst haben, noch durch hinzugesetztes Wasser sich auflösen oder verän-

dern; da ferner die Schichten sich nicht von einander trennen, sondern zusammenhängend bleiben, so lange man die Rudimente der Körner beobachten kann, so folgt daraus mit der grössten Bestimmtheit, daß die Amylumkörner weder aus einer Haut und einer in Wasser löslichen Masse bestehen, noch daß sie aus mehreren hautähnlichen Schichten, mit dazwischenliegender auflöslicher Substanz bestehen, sondern daß sie aus einer homogenen Masse gebildet sind, welche sich in concentrischen Schichten abgelagert hat.

Wie die Ablagerung in so deutlich erkennbaren Schichten geschehen kann, will ich versuchen einigermaßen wenigstens zu erklären. Ich stellte im Juli des vorigen Jahres einige Beobachtungen über das Amylum in jungen Kartoffeln an, und fand, daß nach der Verschiedenheit des Alters in ihren Zellen schon eine grössere oder geringere Zahl Amylumkörner so vollkommen ausgebildet ist, wie in den reifen Kartoffeln; wenn die Kartoffeln die Grösse einer Wallnuss erreicht hatten, fand ich, daß ihre Zellen und das in ihnen enthaltene Amylum fast in jeder Hinsicht denen der grossen Kartoffeln gleich waren. Es scheint demnach, als beruhe das Wachsthum der Kartoffeln mehr auf der Anlagerung neuer Zellen und der Bildung neuer Amylumkörner, als auf Vergrößerung der schon vorhandenen, und als geschähe die Ausbildung der Amylumkörner in nicht sehr langer Zeit. Es könnte daher wohl seyn, daß die geringere oder grössere Dichtigkeit der Schichten (denn dadurch nur scheint es mir möglich, daß sie sichtbar werden) vom Lichte abhängt, dessen merkwürdigen Einfluss auf die Säfte der Pflanzen wir ja schon kennen, so daß die Ablagerung am Tage eine andere wäre als in der Nacht, und daß vielleicht immer je zwei Schichten während eines Tages und einer Nacht gebildet würden. Ausserdem aber, daß eine Verschiedenheit zwischen den inneren Schichten existirt, ist auch die äusserste Schicht noch von einer ganz besonderen

Dichtigkeit, durch welche sie äusseren Einflüssen mehr widersteht, als die inneren Schichten. Den Grund davon glaube ich darin suchen zu müssen, dass, nachdem sich die letzte Schicht auf das Korn abgesetzt hat, dieses noch lange Zeit mit dem Saft der Zellen in Berührung bleibt, welcher eine grosse Menge vegetabilischen Eiweisses aufgelöst enthält. Die Poren der äussersten Schicht werden sich daher leicht entweder mit vegetabilischem Eiweiss, oder mit aus einem so leicht veränderlichen Körper sich niederschlagenden Substanzen anfüllen können; und es wird demnach die Entstehung einer äusseren, dichteren Schicht eine nothwendige Folge von einer kurzen Bildungsperiode der Körner seyn. Die grössere Dichtigkeit der äussersten Schicht, von der man sich am besten durch die Veränderungen überzeugt, welche das Kartoffelstärkmehl durch heisses Wasser erleidet, ist auch der Grund der Unlöslichkeit des Amylums im gewöhnlichen Zustande in Wasser. Legt man aber durch Zerreiben der Körner die inneren Schichten blos, wodurch man zugleich eine viel grössere Oberfläche dem Wasser darbietet, so löst sich auch in kaltem Wasser etwas Amylum auf, wie schon aus dem von Guibourt angestellten und von Berzelius bestätigten Versuch <sup>1)</sup> hervorgeht; es wird aber auch hierbei, so wie beim Kochen des Amylums, nur wenig wirklich aufgelöst, sondern mehr in kleinen Flocken mechanisch im Wasser vertheilt. Wie dieses Auflösen geschieht, kann man an den bei dem oben angegebenen Versuche erhaltenen hautartigen Stücken verfolgen, wenn man sie durch Jod blau färbt; man bemerkt dann oft, sowohl auf der inneren als äusseren Seite derselben, eine schwächer gefärbte, etwas aufgequollene, unregelmässige Zone, welche dadurch entstanden seyn muss, dass, nachdem die Lagen in der Mitte der weniger dichten Schichten auseinandergerissen worden waren, ihre Oberfläche durch Aufsaugung von Was-

1) Siehe Berzelius's Jahresbericht, 10. Jahrg. S. 200 u. f.

ser aufgequollen ist. Es läßt sich daher auch der von Guibourt angestellte Versuch vollkommen in Uebereinstimmung mit meinen Resultaten bringen, und ich glaube es unterlassen zu können, nach denselben noch andere Versuche zu erklären, welche größtentheils mit der Voraussetzung angestellt sind, daß Raspail's Theorie richtig sey.

Dem eben beschriebenen Stärkmehle der Kartoffel gleicht in Hinsicht auf Form und Schichtung vollkommen das der Zwiebeln von *Tulipa Gesneriana*, wovon Fig. 31 Taf. II ein Korn darstellt; im Innern zeichnen sich aber die meisten Körner, wenigstens in der Zwiebel, welche ich untersuchte, durch eine besondere Bildung aus. Es scheint nämlich als seyen Sprünge im Korne vorhanden, und wenn man sie genauer betrachtet, findet man, daß sich im Innern des Korns ein trichterförmiger Raum befindet, in welchen ein kegelförmiger Körper hineinragt, doch so, daß zwischen den Wänden ein kleiner Raum bleibt; eben so ist der untere Sprung kreisförmig, wovon man sich leicht beim Drehen der Körner überzeugen kann, und bei dem dargestellten Korne hat also jener helle Raum ungefähr die Gestalt eines Weinglases. Ob er in irgend einer Beziehung zum Kerne des Korns stehe, so wie über seine Entstehung weiß ich nichts zu sagen.

Ausgezeichneter ist das *Amylum* aus dem Rhizom von *Costus speciosus*, welches durch Fig. 32 Taf. II dargestellt ist. Die Körner sind weit mehr langgestreckt, und ihre Schichten mehr cylindrisch und regelmäfsig, wodurch das ganze Korn ein sehr zierliches Ansehen bekommt. Im Uebrigen stimmt es ganz mit dem der Kartoffel überein; Monstrositäten beobachtete ich nicht.

Dieselbe Bildung wie das Kartoffelstärkmehl, nur mit weniger deutlicher Schichtung hat das Stärkmehl aus den Zwiebeln von *Fritillaria Meleagris*, *Lilium bulbiferum* und *Amaryllis formosissima*, bei welchen ich fast nur

einfache Körner beobachtete. Eine gleiche Beschaffenheit mit viel und mancherlei Monstrositäten fand ich dagegen bei einer *Bromelia*, bei *Hyacinthus orientalis*, *Iris florentina*, *Ixia crocata* und *Narcissus poeticus*. Bei manchen Pflanzen finden sich gar keine einfachen, sondern lauter zusammengewachsene Körner, und zwar so, daß nach dem Zusammenwachsen keine gemeinschaftlichen Schichten mehr sich abgesondert haben, was ich aus der geringen Festigkeit des Zusammenhanges derselben schliesse. Die Körner trennen sich nämlich von einander, sobald man die Zellen, worin sie sich befinden, drückt, und da dies beim Zerschneiden der Zellen unvermeidlich ist, so bekommt man außerhalb der Zellen immer nur einzelne Körner als Bruchstücke zusammengesetzter zu sehen. Macht man dagegen feine Schnitte mit einem scharfen Messer, und beobachtet dann unversehrte Zellen, so sieht man, daß nur zusammengesetzte Körner in ihnen vorhanden sind. Zu dreien, vierten oder fünfen sind sie zusammengewachsen, ganz auf ähnliche Art, wie Fig. 11 und 12 Taf. I es zeigen, bei *Crocus vernus*, *Colchicum autumnale*, *Bulbocodium vernum* und *Gladiolus communis*; aus sechs und mehreren zusammengesetzte Körner fand ich bei *Arum Dracunculus*. Bei der letzteren Pflanze waren bei einigen Körnern deutliche Schichten vorhanden, obgleich nur in geringer Zahl; die anderen der zuletzt genannten Pflanzen hatten zwar stets einen Kern, aber keine erkennbaren Schichten.

Das Stärkmehl der Samenlappen von *Pisum sativum* zeigt eine besondere Beschaffenheit des Kernes, von dem die Bildung der Schichten ausgegangen ist. Anstatt sphärisch, erscheint er hier als ein langer, cylindrischer, sehr schmaler Strich, um den herum sich die Lagen ziemlich regelmäßig abgelagert haben. Fig. 33 Taf. II stellt ein einfaches, Fig. 34 aber ein zusammengesetztes Korn davon dar, deren ich nur wenige beobachtete.

Eine eigenthümliche Bildung zeigt auch das Stärk-

mehl der Getreidearten. Es besteht aus vollkommen linsenförmigen Körnern, bei welchen man im gewöhnlichen Zustande keine concentrischen Ringe wahrnimmt; nur wenn man, der Analogie nach, darnach sucht, erkennt man an einzelnen Körnern schwache Spuren derselben, welche von einem kleinen Punkte im Centro ausgehen, und in regelmäßiger Schichtung diesen Punkt umgeben. Durch die Einwirkung des heißen Wassers kann man sie deutlicher darstellen, und darauf werde ich später zurückkommen. Auch beim Keimen und Wachsen der neuen Pflanze werden die Schichten deutlich sichtbar, indem auch hierbei das Amylum im Allgemeinen ganz auf dieselbe Art aufgelöst wird, wie ich es bei der Kartoffel beschrieben habe; es finden aber hier noch besondere Modificationen statt, die an Abbildungen demonstriert werden müssen, und da die Tafeln schon gestochen waren, als ich die genauen Zeichnungen dieser Zustände anfertigte, so verschiebe ich diese Details auf eine spätere Abhandlung.

Statt dafs bei allen obengenannten Pflanzen die Schichten der Amylumkörner stets gleichsam geschlossene Kugeln oder anders gestaltete Körper bilden, welche aber immer den Kern, von dem sie ausgehen, zwar oft ungleichförmig, aber dennoch nach allen Seiten umgeben, findet sich in einigen anderen Pflanzen eine andere Bildungsart, wo die Schichten sich nur nach einer Richtung an jenen Kern angelagert haben. Das in dem Rhizom von *Canna edulis* enthaltene Stärkmehl giebt ein ausgezeichnetes Beispiel dieser Art; die Körner sind sehr flach gedrückt, was man beim Rollen leicht erkennt, und zeigen eine grofse Anzahl von Schichten, wie man an dem Fig. 37 Taf. II dargestellten Korne sehen kann. Diese Schichten gehen ebenfalls von einem Kerne aus, aber nur die ersten umschließen ihn von allen Seiten; alle übrigen Schichten sind bandförmig oder kahnförmig, und legen sich, immer gröfser werdend, halbmondförmig an das Korn an, indem sie sich nur nach einer Richtung

übereinanderschichten. Auch hier finden sich wieder Monstrositäten, welche auf gleiche Weise, wie die früher beschriebenen beweisen, daß die Bildung von dem Kerne ausgegangen ist; der oben erwähnte dunkle Raum zwischen den Körnern zeigt sich auch bei ihnen. Bei Fig. 38 Taf. II sind nur zwei Körner, welche ungefähr eine gleiche Entwicklung hatten, von gemeinschaftlichen Lagen umgeben; bei Fig. 39 Taf. II aber sind vier Körner von verschiedener Größe zu verschiedenen Zeiten zusammengewachsen, und nach schon beendigter Bildung des Korns hat sich noch ein kleines Korn, an dem ich keine Schichtung bemerken konnte, an die letzte Schicht angeheftet.

Noch ausgezeichnet ist das Amylum aus dem Rhizom von *Hedychium flavescens*, wovon Fig. 40 Taf. II ein sehr gewöhnlich vorkommendes Korn darstellt. Die Körner sind noch viel flacher als bei *Canna edulis*, sogar fast blattartig, und sind aus einer viel größeren Anzahl von Schichten gebildet, welche aber schwerer zu erkennen sind; sie sind fast alle von gleicher Ausdehnung, übrigens aber denen von *Canna edulis* gleich. Die Form der Körner variirt auch hier sehr; Fig. 40, 41, 44, 45, 46 und 47 Taf. II stellen einige der hauptsächlichsten einfachen Formen dar, unter denen ich Fig. 40 bei weitem am häufigsten gesehen habe. Ein Kern ist bei ihnen nicht sichtbar; die kleine Spitze aber scheint ihn zu enthalten, wenigstens verhielt sie sich beim Kochen anders als die übrige Masse des Korns. Monströse Bildungen finden sich hier selten, und die beobachteten Beispiele habe ich nur einmal gesehen; Fig. 48 hat eine monströs verlängerte Spitze, Fig. 42 wie 49 ist ein aus zwei zusammengesetztes, und Fig. 43 ein aus vier Körnern entstandenes Korn<sup>1)</sup>. Bei *Hedychium hirsutum* hatte ich Gelegenheit zu beobachten, wie die Auflösung des Amylums beim Heranwachsen einer neuen Pflanze geschieht. Fig. 50,

1) Fig. 44 bis 49 sind nur um Raum zu sparen so klein gezeichnet worden; sie haben dieselbe Structur wie Fig. 40.

51, 52 und 53 Taf. II sind in diesem Zustande gezeichnete Körner, an denen man sieht, daß auch hier, wie bei dem Stärkmehl der Kartoffel, die Auflösung von der Oberfläche aus geschieht, ohne daß die Deutlichkeit der Schichten dadurch gestört wird.

Das Amylum anderer Pflanzen habe ich bis jetzt noch nicht untersucht; ich werde aber meine Beobachtungen fortsetzen, und wenn sie neue Resultate liefern, diese mitzuthellen nicht unterlassen.

Wenn man Amylum mit heißem Wasser behandelt, so erleidet es merkwürdige Veränderungen, welche Raspail auch noch als Stützen seiner Ansicht aufführt; Raspail hat aber diesen höchst schwierig zu beobachtenden Proceß nur höchst unvollkommen studirt, und das Merkwürdigste dabei ganz übersehen. Durch Hülfe einer besonderen Methode gelang es mir, diese Veränderungen leichter verfolgen zu können, und durch Hülfe einiger chemischen Experimente sie einigermaßen wenigstens zu erklären; ich will sie daher jetzt umständlicher beschreiben. Die Methode, deren ich mich bedient habe, besteht in Folgendem: Zwischen zwei Glasplatten, deren Dicke nicht größer als der Abstand des Mikroskops vom Objective seyn darf, bringt man eine dünne Schicht Amylunkörner mit Wasser; das eine Ende dieser Vorrichtung hält man nun so auf den Rand des Cylinders einer Argand'schen Oellampe, daß nur ein scharf begrenzter Theil desselben von dem heißen Luftstrome getroffen wird, und erhitzt dort das Wasser zwischen den Platten bis zum Kochen. Sobald dieser Punkt eintritt, bringt man die Platten schnell unter das Mikroskop, und sucht die Stelle auf, wo die langsam fortgeleitete Wärme eben anfängt auf das Korn zu wirken; man trifft diesen Punkt nach einiger Uebung sehr bald, und kann dann oft an einem Korne langsam den ganzen Verlauf der Veränderungen verfolgen. Außerdem aber findet man an verschiedenen Stellen dieser Vorrichtung, je nach-

dem sie weiter oder näher der Wärmequelle waren, die Amylunkörner in den verschiedensten Zuständen, welche sich dann nicht weiter verändern, so daß man mit Muße alle Stadien der Einwirkung der Wärme beobachten kann.

Die erste Veränderung, welche das Stärkmehl der Kartoffel durch das heiße Wasser erleidet, besteht darin, daß sich in der Gegend des Kernes Risse im Korne bilden, ganz ähnlich denen, welche ich bei *Tulipa Gesneriana* fast in allen unveränderten Körnern fand; zu gleicher Zeit fängt nun der Kern an sich auszudehnen, und zwar nach dem Theile des Kornes hin, wo die Schichten am dünnsten sind und den geringsten Widerstand leisten. Fig. 19 Taf. I stellt dieses erste Stadium dar. Wahrscheinlich entsteht nun in der Richtung der Längensaxe des Kornes ein größerer Riß, welcher eine durch die dünnste Stelle der etwas breitgedrückten Körner ganz hindurchgehende Spalte bildet; diese Spalte wird aber beim Kochen mit Wasser bei ihrer Entstehung nicht sichtbar, weil im Momente ihrer Entstehung das heiße Wasser auf die durch sie bloßgelegten inneren Schichten einwirkt und sie zu einem viel größeren Volumen ausdehnt, so daß die ganze Spalte damit ausgefüllt wird. Kocht man dagegen das Amylum in concentrirter Essigsäure, welche nur höchst wenig Wasser an das Amylum abgibt, so kann man diese Spalte an jedem Korne deutlich sehen, und zwar bemerkt man beim Rollen der so behandelten Körner, daß die Ursache des Entstehens der Spalte nach allen Richtungen gewirkt hat, und daß der Ort, wo sie entsteht, jedesmal der ist, wo der Durchmesser des Kornes am geringsten ist <sup>1)</sup>. Die Spalte bildet zuweilen eine gerade Linie, und dann entsteht beim weiteren Aufsaugen von Wasser ungefähr die durch Fig. 24 Taf. I dargestellte Form; gewöhnlich aber bildet

1) Ehe diese Spalte entsteht, erleidet der Kern der Körner ähnliche Veränderungen wie bei der Behandlung mit Aetzkali und Alkohol; ich komme darauf später zurück.